

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**

**Transformer device with cooling circuit**

Patent Number: ☐ EP0993007  
Publication date: 2000-04-12  
Inventor(s): NIEKE HELMUT (DE)  
Applicant(s): NIEKE ELEKTROAPPARATE GMBH BER (DE)  
Requested Patent: ☐ DE19847267  
Application Number: EP19990250348 19990930  
Priority Number(s): DE19981047267 19981007  
IPC Classification: H01F27/12; H01F27/28  
EC Classification: H01F27/12, H01F27/28F  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

The apparatus includes at least one transformer housed in a case, a cooling device and a circulating pump. A coolant is circulated through the case, the pump and the cooling device. The transformer is arranged as a layer winding in which at least one primary winding (7) and at least one secondary winding (9) are arranged concentrically in layers wound around a core. Cooling channels (11) are coaxially arranged between the layers.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 198 47 267 A 1**

51 Int. Cl. 7:  
H 01 F 27/08

21 Aktenzeichen: 198 47 267.6  
22 Anmeldetag: 7. 10. 1998  
43 Offenlegungstag: 13. 4. 2000

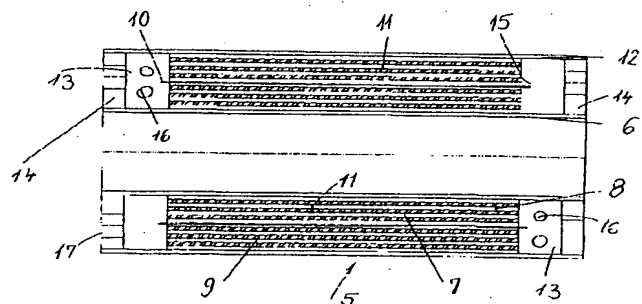
DE 198 47 267 A 1

71 Anmelder:  
Nieke Elektroapparate GmbH, 16761 Hennigsdorf,  
DE  
74 Vertreter:  
PFENNING MEINIG & PARTNER GbR, 10707 Berlin

72 Erfinder:  
Nieke, Helmut, 10625 Berlin, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- 54 Transformatoranordnung mit Kühlkreislauf  
57 Es wird eine Transformatoranordnung mit Kühlkreislauf, insbesondere als unter Flurtransformator für Triebzüge vorgeschlagen, die mindestens eine in einem Gehäuse aufgenommenen Transformator, einen Kühler und eine Umwälzpumpe aufweist. Über den Kühlkreislauf zirkuliert ein Kühlmedium. Der Transformator ist als Lagenwickler ausgebildet, bei dem mindestens eine Primärwicklung und mindestens eine Sekundärwicklung konzentrisch in Lagen auf einen Kern gewickelt sind. Zwischen den einzelnen Lagen sind koaxial angeordnete Kühlkanäle vorgesehen, durch die das Kühlmedium gezielt hindurchgeleitet wird.



DE 198 47 267 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Transformatoranordnung mit Kühlkreislauf, insbesondere zur Verwendung als Bahntransformatoranordnung nach dem Oberbegriff des Hauptanspruchs.

Es sind Bahntransformatoren bekannt, die als Scheibenwickler ausgebildet sind, wobei die Primär- und Sekundärwicklungen als Scheiben ausgebildet sind, die axial nebeneinander auf dem Kern angeordnet sind. Derartige Transformatoren sind mit einer Kühlung versehen, bei der das Kühlmittel, hier Transformatoröl über Düsen unter hohem Druck zwischen und auf die scheibenförmigen Wicklungen beströmt wird. Das Öl wird über eine Pumpe abgezogen, einem Kühler zugeführt und anschließend wieder zur Kühlung verwendet. Ein solcher bekannter Scheibenwickler mit Kühlung hat den Nachteil, daß sich das auf- bzw. zwischen die Wicklungen eingedüster kalte Öl sehr schnell mit dem im Transformator vorhandenen heißen Öl mischt, so daß eine große Menge Öl, z. B. 1000 l im Kreislauf geführt werden muß, wenn nur 400 l wirksam notwendig sind. Darüber hinaus treten bei einem Scheibenwickler große axiale Kurzschlußkräfte auf, denen mit entsprechenden Spannelementen Rechnung getragen werden muß.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Transformatoranordnung zu schaffen, die geringe Abmessungen aufweist und ein effektives Kühlsystem zur Verfügung stellt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Hauptanspruchs in Verbindung mit den Merkmalen des Oberbegriffs gelöst.

Durch die in den Unteransprüchen angegebenen Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen möglich.

Dadurch, daß der Transformator als Lagenwickler ausgebildet ist, bei dem zwischen den Wicklungslagen Kühlkanäle vorgesehen sind, die gezielt und im wesentlichen laminar von dem Kühlmedium durchströmt werden, kann eine Transformatoranordnung mit äußerst geringer Bauhöhe zur Verfügung gestellt werden, der einen außerordentlich hohen Kühlwirkungsgrad aufweist. Dabei ist die Transformatorspule quasi in Form eines Wärmetauschers ausgebildet, dessen Kühlkanäle sehr dünn sein können, z. B. lichte Weiten von kleiner 3 mm aufweisen. Es wird dadurch eine geringe umlaufende Ölmenge verlangt, die Geschwindigkeit ist gering und gleichfalls sind die Druckfälle gering.

Dadurch, daß die durch den Verlustezeuger, d. h. die Transformatorspule aufgewärmte Ölmenge nach der Rückführung durch den Kühler direkt ohne Mischung mit dem im Gehäuse befindlichen Öl zur Kühlung der Spule wieder zugeführt wird, wird der Wirkungsgrad erhöht. Der hierbei auftretende Vorteil liegt in der jeweiligen Differenz zur sich einstellenden Mischtemperatur aus rückgekühlter Flüssigkeit und der Flüssigkeit, die sich nach der im Kessel befindlichen Flüssigkeitsmenge und deren Möglichkeit zum Temperatureausgleich richtet. Ein Angleichen der Temperaturen mit der Kesselflüssigkeit kann nur im Bereich der kurzen Zulaufkanäle im Kessel stattfinden. Aufgrund der geringen umzuwälzenden Kühlmediummenge können die Aggregate, wie Umwälzpumpe und Kühler kleiner ausgebildet werden. Da die Druckabfälle bei der kontrollierten Führung des Kühlmediums durch die Kühlkanäle, bei der kaltes Öl gezielt in die heiße Spule eingebracht wird, gering sind, wird das Kühlmedium mit geringerem Druck z. B. Atmosphärendruck, in das Gehäuse eingebracht, wodurch dieses als Niederdruckkessel ausgebildet sein kann, was zur Folge hat, daß er leichter gebaut werden kann als es im Stand der Technik der Fall ist.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeich-

nung dargestellt und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 die zu einem Kühlkreislauf miteinander verbundenen Bauelemente der erfindungsgemäßen Transformatoranordnung mit Kühlsystem,

Fig. 2 einen Längsschnitt durch einen Transformator,

Fig. 3 einen Querschnitt durch den erfindungsgemäßen Transformator und

Fig. 4 eine schematische Darstellung der im Gehäuse aufgenommenen Transformatoren mit Strömungsaufteilung.

In Fig. 1 ist eine Transformatoranordnung mit Kühlsystem dargestellt, der als Bahntransformator in geringer Bauhöhe unter den Wagenboden eines Triebzuges zu montieren ist. Dabei ist die verfügbare Einbauhöhe beispielsweise 450 bis 550 mm. Das in Fig. 1 gezeigte System besteht aus mindestens einem in einem Gehäuse bzw. Kessel 1 aufgenommenen, in Fig. 1 nicht dargestellten Transformator, einer Umwälzpumpe 2, einem Kühler 3 mit Ventilator und entsprechenden Verbindungsleitungen 4, die das warme Kühlmedium aus dem Kessel zur Umwälzpumpe 2 und zum Kühler leiten und das kalte Kühlmedium, d. h. Transformatorenöl wieder in den Kessel 1 zurückführen.

Zur Überwachung des Kühlsystems sind Druckmeßgeräte P und Temperaturmeßgeräte T vorgesehen und weiterhin kann in die Leitungen 4 ein Durchflußmesser Q eingesetzt sein. Die Überwachung des Kühlsystems findet im wesentlichen durch die Kontrolle der Temperaturen der die Transformatoren kühlenden Flüssigkeit statt. Eine unzulässige Temperatur signalisiert dabei Fehler die auf Spulenfehler, auf Pumpenausfall oder Minderleistung, auf Kühler- oder Kanalverschmutzung oder auf unzulässigem Überlast- oder Fahrbetrieb beruhen können.

In dem Kessel oder Gehäuse 1 sind zwei Transformatoren parallel nebeneinander angeordnet, wobei die entsprechenden Spulen auf zwei Schenkeln eines Kerns sitzen.

In den Fig. 2 und 3 ist eine Spule des Transformators im Längs- und Querschnitt dargestellt, die nach dem Prinzip eines Wärmetauschers aufgebaut ist. Die Spule 5 weist ein inneres Trägerrohr 6 auf, auf die konzentrisch eine Oberspannungswicklung 7 als Primärwicklung gewickelt ist, die beispielsweise für eine Hochspannung von 25 kV ausgelegt ist. Die Oberspannungswicklung 7 besteht aus mehreren Lagen, zwischen denen Distanzleisten 8 angebracht sind. Diese Distanzleisten 8 erstrecken sich über die gesamte Länge der Oberspannungswicklung 7, wobei zwischen innerem Trägerrohr 6 und erster Lage vorzugsweise gleichfalls Leisten 8 angeordnet sind. Auf der Oberspannungswicklung 7 sitzt die Traktionswicklung 9 als Sekundärwicklung, die gleichfalls mehrere Lagen umfaßt und die beispielsweise für eine Niederspannung von 2000 V ausgelegt ist. Zwischen Oberspannungswicklung 7 und Traktionswicklung 9 ist ein Separationsrohr 10 vorgesehen, das die Isolierung zwischen beiden Wicklungen sicherstellt. Auch zwischen den Lagen der Traktionswicklungen sind Leisten 8 vorgesehen.

Die Leisten 8 definieren die Größe bzw. die lichte Weite von Kühlkanälen 11, wobei die lichte Weite kleiner als 4 mm vorzugsweise kleiner als 3 mm ausgebildet sein kann.

Die Oberspannungswicklung 7 und die Traktionswicklung 9 können auch getrennt voneinander hergestellt werden, wobei sie anschließend ineinandergesteckt werden.

Die Wicklungen sind in einem äußeren Trägerrohr 12 aufgenommen, wobei das innere Trägerrohr 6 und das äußere Trägerrohr 12 beidseitig über die Wicklungen 7, 9 herausragen. Die Wicklungen werden von radial angeordneten Druckstücken 13 und von jeweils einem das Ende der Trägerrohre 6, 12 abschließenden ringförmigen Druckflansch 14 festgelegt. Zwischen Druckflanschen 14 und den Wicklungsenden wird somit jeweils eine aus Raumsgleichen

zwischen den Druckstücken 7 gebildete Verteilerkammer 15 hergestellt, die gleichzeitig als Hochspannungssicherheit gegen Masse und Streufelder dient und vermeidet, daß Streufelder in das Joch eindringen. Die Druckstücke 15 weisen Löcher 16 auf, durch die Segmente der Verteilerkammer 15 miteinander in Verbindung stehen. Weiterhin weisen die Druckflansche 14 Durchströmöffnungen 17 für das Kühlmedium auf.

Die Trägerrohre 6, 12 sowie das Separationsrohr 10 und die Distanzleisten 8 für die Kühlkanäle 11 sind aus Glas-Faser-Verbundwerkstoffen hergestellt, die ihren Anforderungen an Isolationsfestigkeit und mechanischer Festigkeit gerecht werden.

Die in den Fig. 2 und 3 dargestellte Spule wird zusammen mit einer identisch aufgebauten Spule auf die zwei Schenkel eines Kerns aufgesetzt und in das Gehäuse 1 bzw. den Kessel eingesetzt, wobei der Kern über als Preßbeisen ausgebildete Spannelemente zusammengehalten und mit dem Gehäuse verbunden wird. Die Preßbeisen sind dabei als Hohlprofile ausgebildet, die Durchströmöffnungen aufweisen, die wiederum mit den Durchströmöffnungen 17 der Spulen 5 in Verbindung stehen. Vorzugsweise weist auch das Gehäuse Hohlprofile auf, die zur Zu- und Abführung des Kühlmediums in die Preßbeisen und gegebenenfalls als Nebenströme in das Innere des Gehäuses dienen. Spulen und Kern sind in dem Gehäuse befestigt, wobei in dem Gehäuse noch weitere Bauelemente wie Drosseln oder dergleichen aufgenommen sein können.

In Fig. 4 ist schematisch das Strömungsschema in dem Gehäuse 1 dargestellt, das entsprechend Fig. 1 einerseits mit dem Kühler 3 und andererseits mit der Umwälzpumpe 2 verbunden ist. Entsprechend Fig. 4 sind zwei Spulen 5 auf jeweils einem Schenkel 18 des Kerns parallel angeordnet und über die Rückleitung 4 vom Kühler 3 wird kaltes Öl dem Gehäuse 1 entsprechend dem Pfeil 19 zugeführt. Dabei ist der Druck, mit dem das Öl zugeführt wird gering, er beträgt beispielsweise 0,15 bar. Das Öl gelangt in das als Hohlprofil ausgebildete Preßbeisen, was durch das Bezugszeichen 20 angedeutet ist, und strömt über die Durchströmöffnungen 17 in den Flanschen 14 in die Verteilerkammern 15. Von den Verteilerkammern 15 wird das Öl in einer im wesentlichen laminaren Strömung durch die Kühlkanäle 11 der Spulen 5 hindurchgeleitet, was durch die Pfeile 21 angedeutet wird. Durch die laminare Strömung treten in der Spule kaum Druckverluste auf und das kalte Öl wird gezielt in den schmalen Kühlspalten durch die heiße Spule geführt, wodurch die Wärme ohne die Nachteile der laminaren Strömung kontrolliert abgeführt wird. Falls es jedoch gewünscht ist, kann die Strömung durch gezielte Maßnahmen turbulent geführt werden.

Wenn das Öl die Spulen verläßt kann es gezielt herausgeführt werden oder es kann zur Kühlung von sekundären Ver-lusterzeugern verwendet werden, wie sie beispielsweise in einer weiteren Kammer im Gehäuse aufgenommen sein können, was durch das Bezugszeichen 22 angedeutet wird. Das Öl verläßt das Gehäuse 1, das noch weiteren Raum 23 für Durchführungen aufweisen kann, und wird entsprechend dem Pfeil 23 über die Umwälzpumpe 2 erneut dem Kühler zugeführt.

Bei einer 700 bis 800 mm langen Spule in entsprechender Anordnung nach Fig. 4 findet beispielsweise eine Durchströmung von 7 l pro Sekunde bei einer Geschwindigkeit von nur 50 cm pro Sekunde ( $\approx 145$  KW) statt. Alle Armaturen bzw. Öffnungen sind über gleitende Dichtungen an das Kanalsystem des Gehäuses bzw. an den Flüssigkeitskreislauf angeschlossen.

Falls es notwendig ist, kann Öl durch parasitäre Bohrungen zusätzlich durch den Kessel geleitet werden.

# Patentansprüche

1. Transformatoranordnung mit Kühlkreislauf, insbesondere zur Verwendung als Bahntransformatoranordnung, die mindestens einen in einem Gehäuse aufgenommenen Transformator, einen Kühler und eine Umwälzpumpe aufweist, wobei ein Kühlmedium durch das Gehäuse, die Pumpe und den Kühler zirkuliert, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Transformator als Lagenwickelanordnung ausgebildet ist, bei dem mindestens eine Primärwicklung (7) und mindestens eine Sekundärwicklung (9) konzentrisch in Lagen gewickelt auf einem Kern angeordnet sind, wobei zwischen den einzelnen Lagen koaxial angeordnete Kühlkanäle (11) vorgesehen sind durch die das Kühlmedium gezielt geführt wird.
2. Transformatoranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Strömung des Kühlmediums durch die Kühlkanäle (11) im wesentlichen laminar ist.
3. Transformatoranordnung nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den Lagen Distanzstücke (8) zur Bildung der Kühlkanäle (11) vorgesehen sind.
4. Transformatoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlkanäle (11) einströmseitig mit einer Verteilerkammer (15) in Verbindung stehen.
5. Transformatoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (1) und/oder Spannelemente zum Verspannen des Kerns (18) des Transformators Hohlprofile zum Führen des Kühlmediums aufweisen.
6. Transformatoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der mindestens eine Transformator ein inneres Trägerrohr (6), die darauf angeordnete, die Kühlkanäle (11) aufweisende Primärwicklung (7), ein Separationsrohr (10), die darauf angeordnete, mit den Kühlkanälen versehene Sekundärwicklung (9) und ein äußeres Trägerrohr (12) aufweist, wobei in der jeweiligen Verteilerkammer (15) an der Ein- und/oder Ausströmseite der Kühlkanäle (11) mit Abstand zueinander angeordnete Druckstücke (15) mit Durchströmöffnungen (16) vorgesehen sind und die Verteilerkammern (15) mit Druckflanschen (14) abgeschlossen sind, die Durchströmöffnungen (17) aufweisen.
7. Transformatoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlkanäle eine lichte Weite von kleiner 4 mm, vorzugsweise kleiner als 3 mm aufweisen.
8. Transformatoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (1) als Niederdruckkessel ausgebildet ist.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

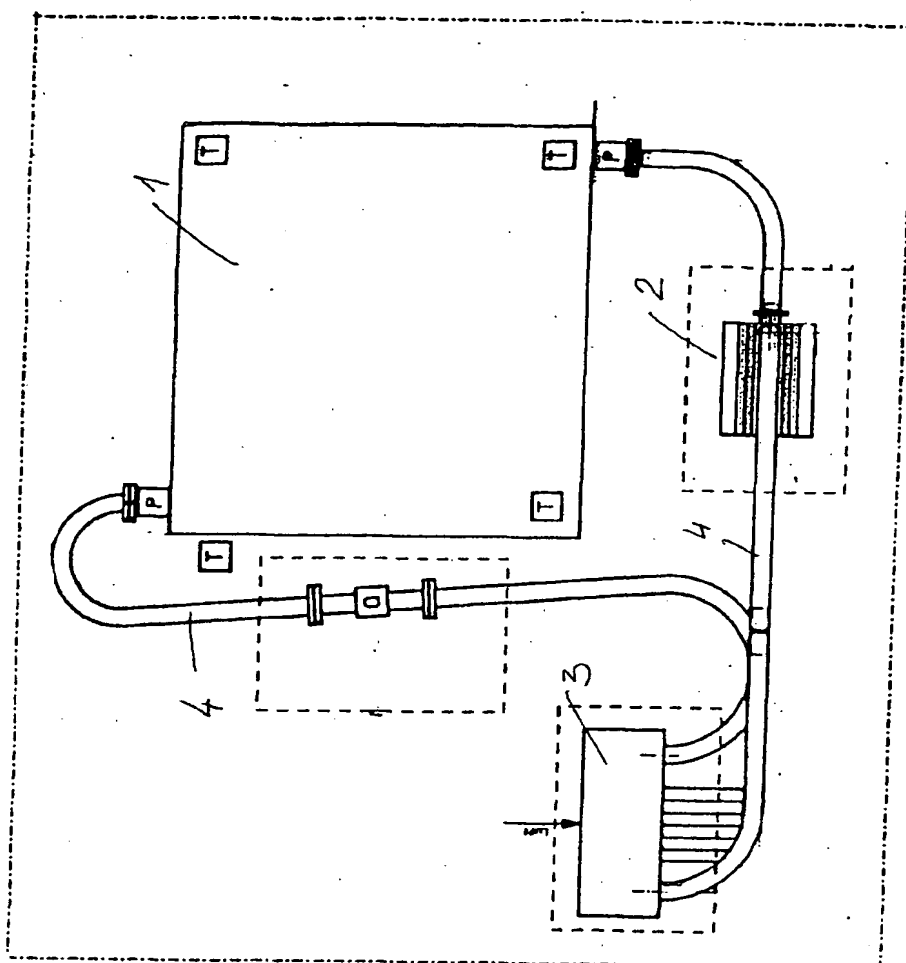
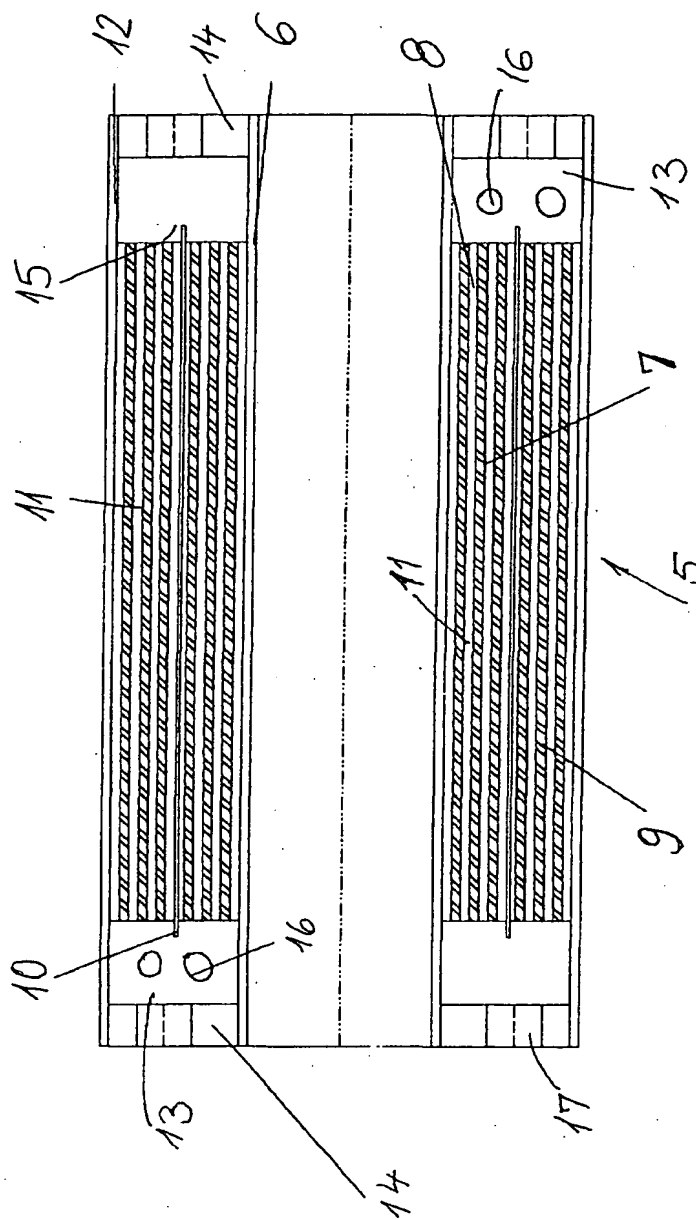


Fig. 1

Fig. 2



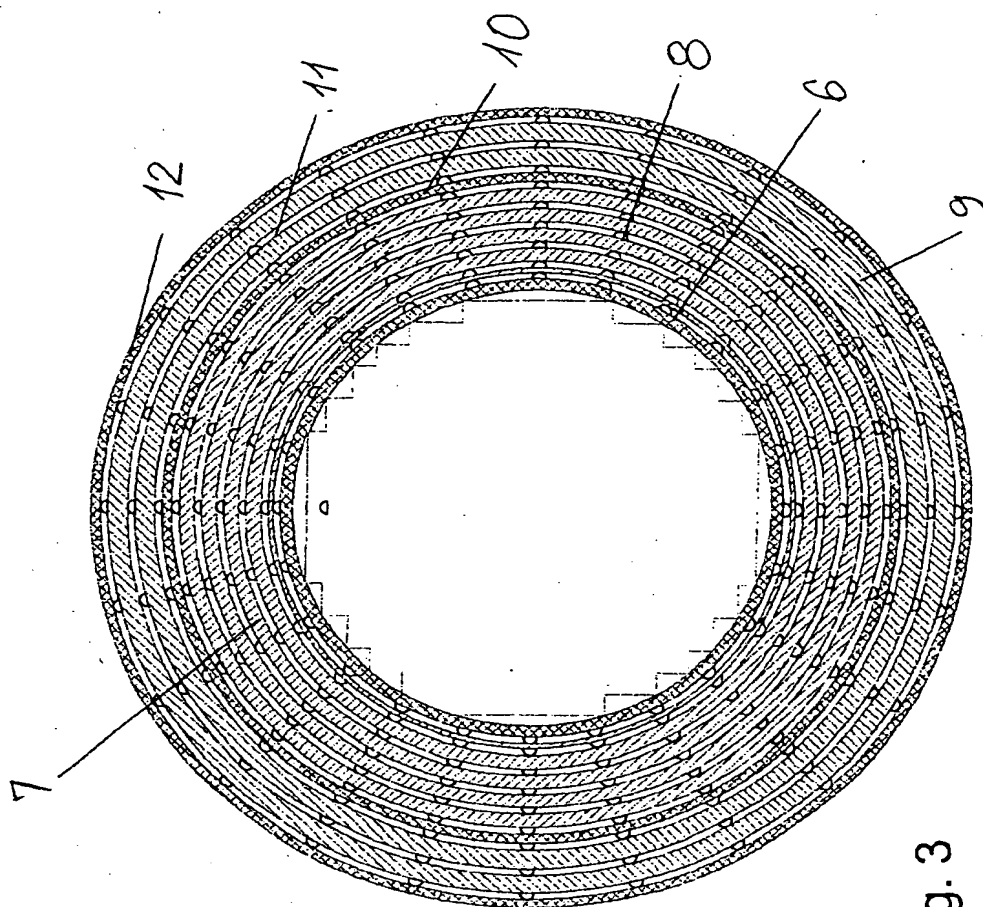


Fig. 3



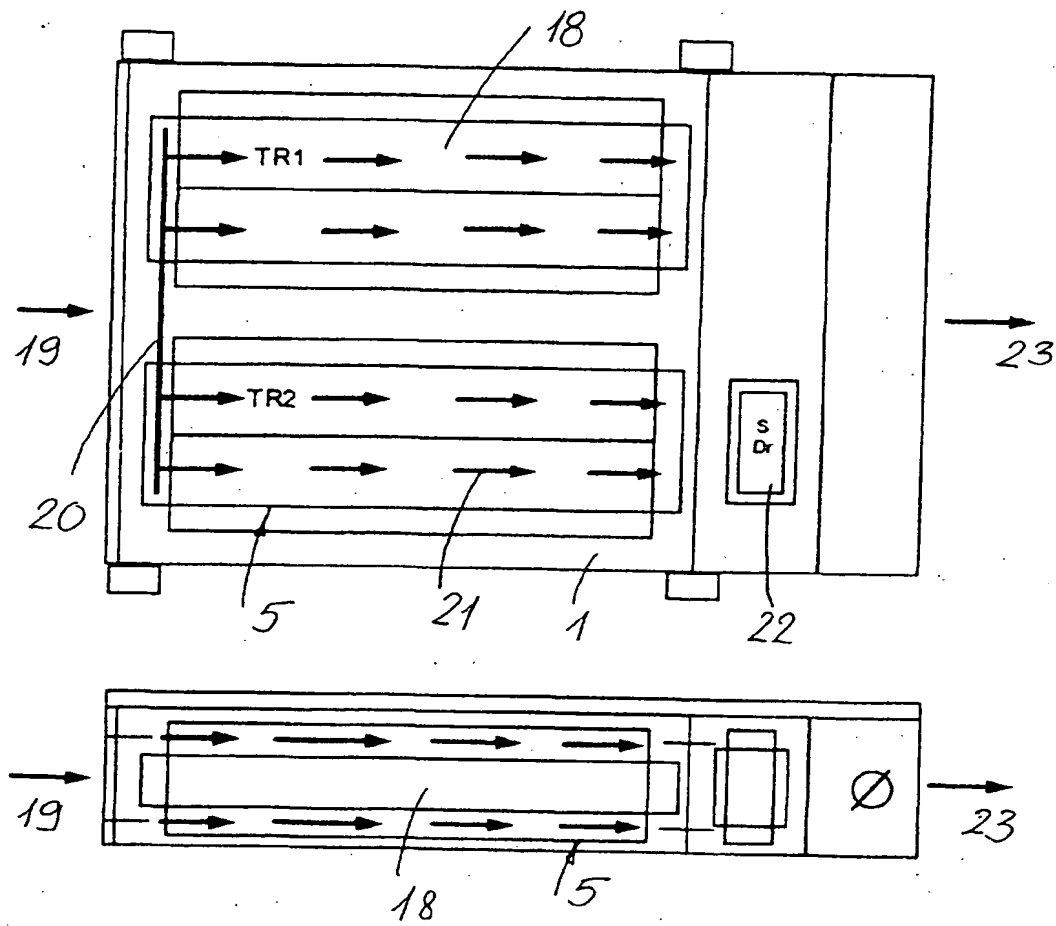


Fig. 4